

(19) JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 09116222 A

(43) Date of publication of application: 02.05.97

(51) Int. Cl. H01S 3/18

(21) Application number: 07268689

(22) Date of filing: 17.10.95

(71) Applicant: MITSUBISHI ELECTRIC CORP

(72) Inventor: NAGAI YUTAKA  
TADA HITOSHI

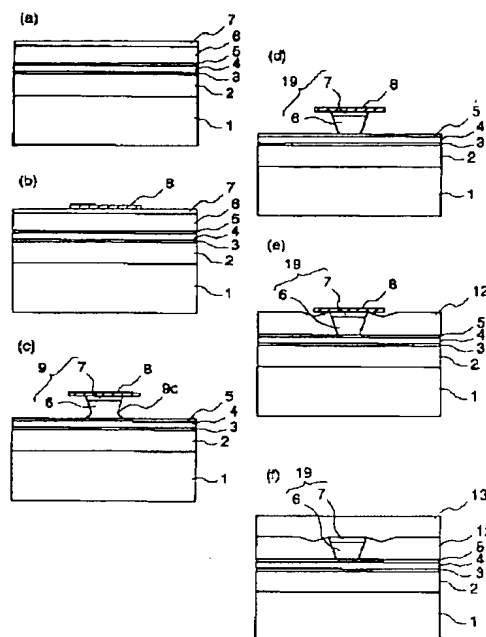
(54) MANUFACTURE OF SEMICONDUCTOR LASER  
AND SEMICONDUCTOR LASER

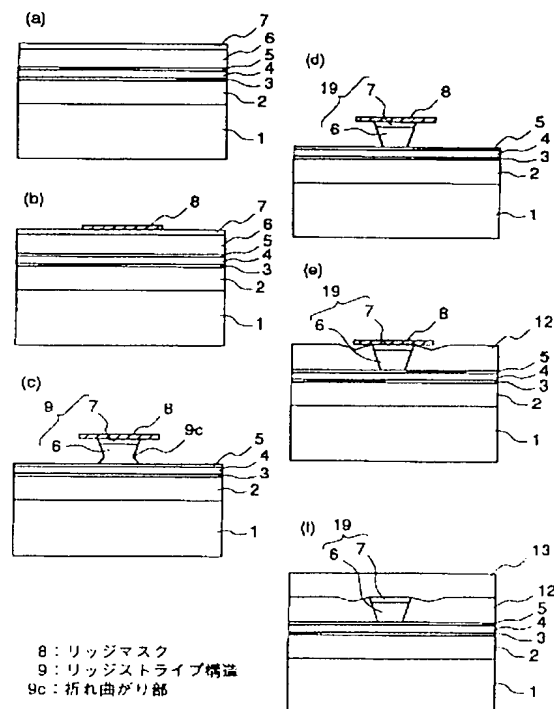
(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a manufacturing method by which a semiconductor layer provided with an inverted-mesa type ridge strip structure in which the ridge width becomes the narrowest at the part which is nearest to an active layer as compared with the width of the other part and a semiconductor laser obtained by the manufacturing method.

SOLUTION: After a p-type  $\text{Al}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}$  ( $y=0.7$ ) etching stopper layer 5, a second p- $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x=0.5$ ) upper clad layer 6, and a first p-GaAs contact layer 7 are formed on a first p- $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $x=0.5$ ) upper clad layer 4, the first contact layer 2 and second clad layer 6 are removed by first etching until the layer 5 is exposed by using a ridge mask 8 as a mask. Then an inverted-mesa type ridge stripe structure 19 is formed in the second clad layer 6 by performing second etching for a period of 2.5 minutes by using an etchant prepared by mixing tartaric acid (50% wt.) and hydrogen peroxide (31% wt.) at a mixing ratio of 4:1.

COPYRIGHT: (C)1997,JPO





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 第1導電型半導体基板の一主面上に、第1導電型クラッド層と、該第1導電型クラッド層よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料及び構造からなる活性層と、上記第1導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第1の第2導電型クラッド層と、上記第1の第2導電型クラッド層をエッチングするエッチング液に対して、上記第1の第2導電型クラッド層よりもエッチングレートが低い半導体材料からなる第2導電型エッチングストップ層と、上記第1の第2導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型クラッド層と、第1の第2導電型コンタクト層とを順次エピタキシャル結晶成長させる工程と、  
 上記第1の第2導電型コンタクト層上に、逆メサ形状のリジストライブ構造を形成可能な方向に伸びるストライプ状のリジマスクを形成する工程と、  
 該リジマスクを用いて、上記第1の第2導電型コンタクト層と上記第2の第2導電型クラッド層とを上記エッチングストップ層が露出するまでウェットエッチングする第1のエッチング工程と、  
 その後、上記第2の第2導電型クラッド層をさらにウェットエッチングして、逆メサ形状のリジストライブ構造を形成する第2のエッチング工程と、  
 該リジストライブ構造を埋め込むように、第1導電型電流ブロック層を結晶成長させる工程と、  
 上記リジマスクを除去した後、上記第1導電型電流ブロック層上、および上記第1の第2導電型コンタクト層上に、該第1の第2導電型コンタクト層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型コンタクト層を結晶成長させる工程とを備えたことを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項2】 請求項1に記載の半導体レーザの製造方法において、  
 上記第1導電型半導体基板は第1導電型GaAsからなり、  
 上記第1導電型クラッド層は、第1導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(0<x<1)からなり、  
 上記第1、第2の第2導電型クラッド層は、第2導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(0<x<1)からなり、  
 上記第2導電型エッチングストップ層は、第2導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x<y<1)からなり、  
 上記第1、第2の第2導電型コンタクト層は第2導電型GaAsからなり、  
 上記第2のエッチングは、酒石酸と過酸化水素との混合液を用いて行われることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項3】 請求項2に記載の半導体レーザの製造方法において、  
 上記第2のエッチングは、濃度が50%wtの酒石酸と、濃度が31%wtの過酸化水素とを4:1の割合で

混合してなるエッチング液を用いて、2.5分以上行われることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項4】 請求項3に記載の半導体レーザの製造方法において、  
 上記第1のエッチングは、上記第2のエッチングと同じエッチング液を用いて行われることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項5】 請求項3に記載の半導体レーザの製造方法において、  
 上記第1導電型クラッド層は、第1導電型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asからなり、  
 上記第1、第2の第2導電型クラッド層は、第2導電型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asからなり、  
 上記第2導電型エッチングストップ層は、第2導電型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>Asからなることを特徴とする半導体レーザの製造方法。

【請求項6】 第1導電型半導体基板の一主面上に配置された第1導電型クラッド層と、  
 該第1導電型クラッド層上に配置された、該第1導電型クラッド層よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料及び構造からなる活性層と、  
 該活性層上に配置された、上記第1導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第1の第2導電型クラッド層と、  
 該第1の第2導電型クラッド層上に配置された、該第1の第2導電型クラッド層をエッチングするエッチング液に対して、上記第1の第2導電型クラッド層よりもエッチングレートが低い半導体材料からなる第2導電型エッチングストップ層と、  
 該第2導電型エッチングストップ層上に配置された上記第1の第2導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型クラッド層およびその上に配置された第1の第2導電型コンタクト層で形成された、くびれ部のない逆メサ形状のリジストライブ構造と、  
 該リジストライブ構造を埋め込むよう配置された第1導電型電流ブロック層と、  
 該第1導電型電流ブロック層上、および上記第1の第2導電型コンタクト層上に配置された、第1の第2導電型コンタクト層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型コンタクト層とを備えたことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項7】 請求項6に記載の半導体レーザにおいて、  
 上記第1導電型半導体基板はGaAsからなり、  
 上記第1導電型クラッド層は、第1導電型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asからなり、  
 上記第1、第2の第2導電型クラッド層は、第2導電型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Asからなり、  
 上記第2導電型エッチングストップ層は、第2導電型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>Asからなり、

上記第1, 第2の第2導電型コンタクト層は第2導電型GaAsからなることを特徴とする半導体レーザ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体レーザの製造方法及び半導体レーザに関し、特にリッジ型半導体レーザの製造方法及び半導体レーザに関するものである。

【0002】

【従来の技術】図3は従来の半導体レーザの構造を示す斜視図であり、図において、1はn型（以下、n-と称す）GaAs半導体基板、2は該基板1の(100)面上に形成された厚さが1.5~2μmであるn-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(x=0.5)下クラッド層、3は下クラッド層2よりも実効的なバンドギャップエネルギーが小さい活性層で、例えば、厚さが10nmでアルミ組成比γが0.05~0.15である3層のAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pウエル層（図示せず）の各層の間に、厚さが10nmでアルミ組成比wが0.2~0.35であるAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pバリア層（図示せず）を挟み込んでなる5層の積層構造を、厚さが35nmで上記バリア層と同じ組成の材料からなる2層の光ガイド層（図示せず）で挟み込んでなる量子井戸構造活性層等が用いられる。4は厚さが0.2~0.5μmであるp型（以下、p-と称す）Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(x=0.5)第1上クラッド層、5は厚さが約200Åオングストロームであるp-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(y=0.7)エッチングストップ層、6は厚さが1.0~2.0μmであるp-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(x=0.5)第2上クラッド層、7は厚さが0.5~1μmであるp-GaAs第1コンタクト層で、上記第2上クラッド層6と第1コンタクト層7とは半導体レーザの共振器となる方向（以下レーザ共振器長方向と称す）に伸びるリッジストライプ構造（以下リッジ構造とも称す）9を形成しており、その共振器長方向に垂直な面における断面形状は逆メサ形状となっている。12は該リッジストライプ構造9を埋め込むように形成された上記活性層3の実効的なバンドギャップよりもバンドギャップが小さい材料からなるn型の電流ブロック層で、例えばn-GaAs等が用いられる。9cはリッジ構造9の折れ曲がり部、13は厚さ2~3μmのp-GaAs第2コンタクト層、14はp側電極、15はn側電極をそれぞれ示す。

【0003】また、図4は従来の半導体レーザの製造方法を示す断面工程図であり、図において、図3と同一符号は同一又は相当する部分を示しており、8は絶縁膜からなるリッジマスクを示している。

【0004】また、図5は従来の半導体レーザの製造方法の、図4(c)に示す工程においてAで示す部分を拡大して示す斜視図であり、図において、図4と同一符号は同一又は相当する部分を示しており、5aはエッチングにより露出した(100)面からなるエッチングストッ

パ層表面、9aはリッジストライプ構造9のレーザ共振器長方向と平行な側面（以下、リッジ側面と称す）の一方の上部であり、その面方位は(111)A面である。

【0005】なお、この面方位を示す(111)とは、

【0006】

【数1】

(110)

【0007】を表したものであり、本明細書中で、括弧“( )”内に記載した“/”はバーを示すものとする。

【0008】また、9bはリッジ側面の一方の下部で、(111)A面と(100)面との間の面によりなっている。9cはリッジ側面の折れ曲がり部である。

【0009】次に動作について説明する。p側電極14側に正、n側電極15側に負となるように電圧を印加すると、電子はp-GaAs第2コンタクト層13、p-GaAs第1コンタクト層7、p-第2上クラッド層6、p-第1上クラッド層4を経て量子井戸活性層3へ、また電子はn-GaAs半導体基板1、n-下クラッド層2を経て量子井戸活性層3にそれぞれ注入され、電子とホールの再結合が発生し、活性層3内で誘導放光が生ずる。そしてキャリアの注入量を十分高くして導波路の損失を越える光が発生すればレーザ発振が生じる。

【0010】次にリッジ構造9について説明する。ストライプ状のリッジ構造9に隣接するn-GaAs電流ブロック層12に覆われている領域では、n-GaAs電流ブロック層12がp-第1上クラッド層4とp-GaAs第2コンタクト層13との間でそれぞれpn接合を形成しており、p側電極14側を正となるよう電圧を印加しても、リッジ構造9以外の領域ではpnp接合を形成しており電圧の印加方向が逆バイアスとなるため電流は流れない。つまりn-GaAs電流ブロック層12は文字通り電流をブロックする機能を果たす。よって電流はリッジ構造9のみを流れるため、リッジ構造9直下の領域の量子井戸活性層3のみに電流は集中し、レーザ発振するために十分な電流密度に達する。またn-GaAs電流ブロック層12は量子井戸活性層3で発したレーザ光を吸収する性質がある。これは電流ブロック層12の材料であるGaAsのバンドギャップエネルギーが活性層3の実効的なバンドギャップエネルギーより小さくなるよう設計されているからである。このためリッジ構造9の両脇ではレーザ光は強い吸収を受けるため、リッジ構造9の近傍のみにレーザ光も集中する。この結果、半導体レーザの動作特性の中で重要な水平横モードも安定に単峰の形状となる。

【0011】次に従来の半導体レーザの製造方法について説明する。まず、ウエハ状のn-GaAs半導体基板1の(100)面上に、n-下クラッド層2、活性層

3, p-第1上クラッド層4, p-エッチングストップ層5, p-第2上クラッド層6, p-GaAs第1コンタクト層7の各層をエピタキシャル結晶成長する。この成長方法としては、例えばMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition)法等が用いられる。成長後のウエハの断面図を図4(a)に示す。

【0012】続いて、p-GaAs第1コンタクト層7上に、図4(b)に示すように、逆メサ形状のリッジストライプ構造が形成可能な方向、例えば[011]方向に伸びるストライプ状の絶縁膜からなるリッジマスク8を形成する。材質としてはSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>, SiO<sub>2</sub>等が用いられ、このリッジマスク8のレーザ共振器長方向と垂直な方向(以下レーザ共振器幅方向と称す)の幅は約8μmである。このリッジマスク8は逆メサ形状のリッジ構造9を形成するためのエッチングのマスクとして機能する。次に、図4(c)に示すように、このリッジマスク8をマスクとして逆メサ形状のリッジ構造が形成されるようエッチングストップ層5に達するまでエッチングを行う。このエッチングにおいてはp-GaAs第1コンタクト層7, p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x=0.5)第2クラッド層6はエッチングできるが、p-Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As(y=0.7)エッチングストップ層5はエッチングされないような選択エッチャントを用いることにより、再現性良くリッジ構造9を形成できる。このようなエッチャントの例としてリッジ形成に一般的に用いられる酒石酸と過酸化水素の混合液が挙げられる。エッチングストップ層5までエッチングが到達したかどうかはエッチング中に目視でウエハ表面に観察される、エッチング表面となっている層の変化に伴う、反射光の変化により判断できる。すなわち、エッチングがエッチングストップ層5に達すると同時に反射光の干渉色が消えるので、干渉光が消えると同時にウエハをエッチャントからあげて水洗する。

【0013】このような方法により、図5に示すように、逆メサ形状のリッジストライプ構造が形成される。ここで、このリッジストライプ構造9は、そのレーザ共振器幅方向の幅(以下リッジ幅と称す)が活性層3に近づくにしたがって狭くなっているような完全な逆メサ形状とならず、リッジ側壁のエッチングストップ層5に近い下部に、リッジ構造の内側に向かって突出したリッジストライプが伸びる方向と平行な折れ曲がり部9cが形成されている逆メサ形状のリッジ構造9となり、リッジ構造9の最上部から上記折れ曲がり部9cに向かうにつれてリッジ構造9のリッジ幅が狭くなり、この折れ曲がり部9cから活性層3やエッチングストップ層5に向かうにつれてリッジ幅が広がっている形状となっている。そして、リッジ構造9下部のリッジ側面と、このリッジ側面と接するエッチングストップ層5の上記エッチングにより露出した表面とのなす角度は鈍角となっている。

【0014】このようなリッジ構造9が形成されるの

は、リッジ形成のためのエッチングの(100)面を形成するエッチングレートが早いため、エッチングがエッチングストップ層5に達した時点においては、完全な逆メサ形状のリッジ構造のリッジ側面となる(1/11)面等の面を形成するためのエッチングが十分に行われておらず、その結果、リッジ構造9のリッジ側面の下部9bに、(100)面と本来逆メサ形状のリッジ構造9の側面となる面との間の過渡的な面、例えば、(100)面と(1/11)面との間の面が形成されることによるものである。

【0015】このように、一般に、逆メサ形状のリッジ構造を形成できる方向に伸びるリッジマスクを用いて、逆メサ形状のリッジストライプ構造を形成するためのエッチングを行うと、リッジ構造の上部においてはそのリッジ幅が活性層に近づくにしたがって狭くなっている逆メサ形状を有し、その下部のエッチングストップ層に近い部分においては、活性層に近づくにつれてそのリッジ幅が広がっている、リッジ側壁のエッチングストップ層に近い下部に、リッジ構造の内側に向かって突出した折れ曲がり部が形成されている逆メサ形状のリッジ構造が形成される。

【0016】続いて、図4(d)のように再結晶成長でリッジ構造9以外の箇所をn-GaAs電流ブロック層12で埋め込む。リッジ構造9上にはリッジマスク8が結晶成長時のマスクともなるため結晶成長は行われぬ。

【0017】最後にウエットあるいはドライエッチングによりリッジマスク8を除去した後、図4(e)に示すように、p-GaAs第2コンタクト層13を結晶成長し、その後、n-GaAs半導体基板1の裏面側にn側電極15、p-GaAs第2コンタクト層13上にp側電極14を形成し、リッジストライプ構造9の伸びる方向に対して垂直にへき開をおこないレーザ共振器端面(図示せず)を形成することにより、図3に示すような半導体レーザが完成する。

【0018】

【発明が解決しようとする課題】以上のように、従来の半導体レーザの逆メサ形状のリッジ構造9は、リッジマスク8を用いて、p-第2上クラッド層6をエッチングストップ層5が露出するまで選択的にエッチングすることにより形成されていた。このような逆メサ形状のリッジ構造9を備えたリッジ型の半導体レーザではリッジ構造9の最も活性層3に近い下側(以下、リッジボトム部分と称す)のリッジ幅(以下、リッジボトム幅と称す)、即ちエッチングストップ層5とリッジ構造9とが接する部分のリッジ幅は横モード制御の観点から非常に重要である。このリッジボトム幅が広いと高次モードが生じやすくなり、レーザ光が多峰の形状になってしまう。したがって、リッジボトム幅を、例えば4μm以下の幅で制御性よく形成する必要がある。

【0019】ところが、上述したような従来の半導体レ

ーザの製造方法を用いて形成された半導体レーザにおいては、逆メサ形状のリッジストライプ構造9が、完全な逆メサ形状となっておらず、エッチングストップ層5に近い下部においてリッジ側壁にリッジ構造の内側に向かって突出したリッジストライプが伸びる方向と平行な折れ曲がり部9cが形成されている逆メサ形状、即ちくびれ部分を有する逆メサ形状のリッジ構造9となっており、この折れ曲がり部9cが形成されている位置からエッチングストップ層5方向に向かうにつれてリッジ幅が広くなるような構造となっているため、リッジ構造9の最もリッジ幅の狭い部分がリッジボトム部とはならず、この折れ曲がり部9cが形成されている部分が他の部分と比べて最もリッジ幅が狭い部分となってしまう。そのため、リッジボトム幅を $4\mu\text{m}$ 以下となるように狭くすると、それに伴い、上記リッジ構造9内の上記折れ曲がり部9cのリッジ幅がさらに狭くなり、この部分の電気的な抵抗が非常に高くなり、素子特性を劣化させてしまうという問題があった。特に高出力時にこの部分での発熱が大きくなるので、所望の光出力が出る前に熱的に飽和してしまうという大きな問題が生じていた。

【0020】この発明は、上記のような問題点を解消するためになされたものであり、その最も活性層に近い部分のレーザ共振器長方向と直交する方向の幅が、その他の部分の幅と比べて最も狭い逆メサ形状のリッジストライプ構造を備えた半導体レーザを得ることができる半導体レーザの製造方法を提供することを目的とする。

【0021】また、この発明は、上記のような問題点を解消するためになされたものであり、その最も活性層に近い部分のレーザ共振器長方向と直交する方向の幅が、その他の部分の幅と比べて最も狭い逆メサ形状のリッジストライプ構造を備えた半導体レーザを提供することを目的とする。

【0022】

【課題を解決するための手段】この発明に係る半導体レーザの製造方法は、第1導電型半導体基板の一主面上に、第1導電型クラッド層と、該第1導電型クラッド層よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料及び構造からなる活性層と、上記第1導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第1の第2導電型クラッド層と、上記第1の第2導電型クラッド層をエッチングするエッチング液に対して、上記第1の第2導電型クラッド層よりもエッチングレートの低い半導体材料からなる第2導電型エッチングストップ層と、上記第1の第2導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型クラッド層と、第1の第2導電型コンタクト層とを順次エピタキシャル結晶成長させる工程と、上記第1の第2導電型コンタクト層上に、逆メサ形状のリッジストライプ構造を形成可能な方向に伸びるストライプ状のリッジマスクを形成する工程と、該リッジマスクを用いて、上記第1の第2導電型コンタクト層と上記第2の第2導電

型クラッド層とを上記エッチングストップ層が露出するまでウェットエッチングする第1のエッチング工程と、その後、上記第2の第2導電型クラッド層をさらにウェットエッチングして、逆メサ形状のリッジストライプ構造を形成する第2のエッチング工程と、該リッジストライプ構造を埋め込むように、第1導電型電流ブロック層を結晶成長させる工程と、上記リッジマスクを除去した後、上記第1導電型電流ブロック層上、および上記第1の第2導電型コンタクト層上に、該第1の第2導電型コンタクト層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型コンタクト層を結晶成長させる工程とを備えるようにしたものである。

【0023】また、上記半導体レーザの製造方法において、上記第1導電型半導体基板は第1導電型GaAsからなり、上記第1導電型クラッド層は、第1導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As( $0 < x < 1$ )からなり、上記第1、第2の第2導電型クラッド層は、第2導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As( $0 < x < 1$ )からなり、上記第2導電型エッチングストップ層は、第2導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As( $x < y < 1$ )からなり、上記第1、第2の第2導電型コンタクト層は第2導電型GaAsからなり、上記第2のエッチングは、酒石酸と過酸化水素との混合液を用いて行われるようにしたものである。

【0024】また、上記半導体レーザの製造方法において、上記第2のエッチングは、濃度が50%wtの酒石酸と、濃度が31%wtの過酸化水素とを4:1の割合で混合してなるエッチング液を用いて、2.5分以上行われるようにしたものである。

【0025】また、上記半導体レーザの製造方法において、上記第1のエッチングは、上記第2のエッチングと同じエッチング液を用いて行われるようにしたものである。

【0026】また、上記半導体レーザの製造方法において、上記第1導電型クラッド層は、第1導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asからなり、上記第1、第2の第2導電型クラッド層は、第2導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asからなり、上記第2導電型エッチングストップ層は、第2導電型Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>Asからなるようにしたものである。

【0027】また、この発明に係る半導体レーザは、第1導電型半導体基板の一主面上に配置された第1導電型クラッド層と、該第1導電型クラッド層上に配置された、該第1導電型クラッド層よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料及び構造からなる活性層と、該活性層上に配置された、上記第1導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第1の第2導電型クラッド層と、該第1の第2導電型クラッド層上に配置された、該第1の第2導電型クラッド層をエッチングするエッチング液に対して、上記第1の第2導電型クラッド層よりもエッチングレートの低い半導体材料からなる第2導電

型エッチングストップ層と、該第2導電型エッチングストップ層上に配置された上記第1の第2導電型クラッド層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型クラッド層およびその上に配置された第1の第2導電型コンタクト層で形成された、くびれ部のない逆メサ形状のリッジストライプ構造と、該リッジストライプ構造を埋め込むよう配置された第1導電型電流ブロック層と、該第1導電型電流ブロック層上、および上記第1の第2導電型コンタクト層上に配置された、第1の第2導電型コンタクト層と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型コンタクト層とを備えるようにしたものである。

【0028】また、上記半導体レーザにおいて、上記第1導電型半導体基板はGaAsからなり、上記第1導電型クラッド層は、第1導電型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asからなり、上記第1、第2の第2導電型クラッド層は、第2導電型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asからなり、上記第2導電型エッチングストップ層は、第2導電型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>Asからなり、上記第1、第2の第2導電型コンタクト層は第2導電型GaAsからなるようにしたものである。

【0029】

【発明の実施の形態】

実施の形態1. この発明の実施の形態1に係る半導体レーザの製造方法(図2)は、第1導電型半導体基板

(1)の一主面上に、第1導電型クラッド層(2)と、該第1導電型クラッド層(2)よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料及び構造からなる活性層(3)と、上記第1導電型クラッド層(2)と同じ半導体材料からなる第1の第2導電型クラッド層(4)と、上記第1の第2導電型クラッド層(4)をエッチングするエッチング液に対して、上記第1の第2導電型クラッド層(4)よりもエッチングレートの低い半導体材料からなる第2導電型エッチングストップ層(5)と、上記第2導電型クラッド層(4)と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型クラッド層(6)と、第1の第2導電型コンタクト層(7)とを順次エピタキシャル結晶成長させる工程と、上記第1の第2導電型コンタクト層

(7)上に、逆メサ形状のリッジストライプ構造を形成可能な方向に伸びるストライプ状のリッジマスク(8)を形成する工程と、該リッジマスク(8)を用いて、上記第1の第2導電型コンタクト層(7)と上記第2の第2導電型クラッド層(6)とを上記エッチングストップ層(5)が露出するまでウェットエッチングする第1のエッチング工程と、その後、上記第2の第2導電型クラッド層(6)をさらにウェットエッチングして、逆メサ形状のリッジストライプ構造(19)を形成する第2のエッチング工程と、該リッジストライプ構造(19)を埋め込むように、第1導電型電流ブロック層(12)を結晶成長させる工程と、上記リッジマスク(8)を除去した後、上記第1導電型電流ブロック層(12)上、お

よび上記第1の第2導電型コンタクト層(7)上に、該第1の第2導電型コンタクト層(7)と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型コンタクト層(13)を結晶成長させる工程とを備えた構成としたものであり、第1のエッチングにより形成された、リッジストライプ構造(9)の下部の活性層(3)に近づくにつれてリッジ幅が広がっている部分を、第2のエッチングにより、エッチングストップ層(5)に対して選択的にエッチングして、リッジ側面と、このリッジ側面と接する上記第1、第2のエッチングにより露出したエッチングストップ層(5)の表面とのなす角度を鋭角とすることができ、最も活性層(3)に近い部分の共振器長方向と直交する方向の幅が、その他の部分の幅と比べて最も狭くなっている逆メサ形状のリッジストライプ構造(19)を備えた半導体レーザを提供できる作用効果がある。

【0030】実施の形態2. また、この発明の実施の形態2に係る半導体レーザの製造方法(図2)は、上記半導体レーザの製造方法において、上記第1導電型半導体基板(1)は第1導電型GaAsからなり、上記第1導電型クラッド層(2)は、第1導電型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As(0<x<1)からなり、上記第1、第2の第2導電型クラッド層(4、6)は、第2導電型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As(0<x<1)からなり、上記第2導電型エッチングストップ層(5)は、第2導電型Al<sub>0.1</sub>Ga<sub>0.9</sub>As(x<y<1)からなり、上記第1、第2の第2導電型コンタクト層(7、13)は第2導電型GaAsからなり、上記第2のエッチングは、酒石酸と過酸化水素との混合液を用いて行われるようにした構成としたものであり、第1のエッチングにより形成されたリッジストライプ構造(9)の下部の活性層(3)に近づくにつれてリッジ幅が広がっている部分を、第2のエッチング工程により、エッチングストップ層(5)に対して選択的にエッチングして、最も活性層(3)に近い部分の共振器長方向と直交する方向の幅が、その他の部分の幅と比べて最も狭くなっている逆メサ形状のリッジストライプ構造(19)を備えた半導体レーザを提供できる作用効果がある。

【0031】実施の形態3. また、この発明の実施の形態3に係る半導体レーザの製造方法(図2)は、上記半導体レーザの製造方法において、上記第1のエッチングは、上記第2のエッチングと同じエッチング液を用いて行われるようにした構成としたものであり、これにより、第1のエッチングから第2のエッチングへのエッチングの切替をなくして、製造工程を容易にすることができる作用効果がある。

【0032】実施の形態4. また、この発明の実施の形態4に係る半導体レーザ(図1)は、第1導電型半導体基板(1)の一主面上に配置された第1導電型クラッド層(2)と、該第1導電型クラッド層(2)上に配置された、該第1導電型クラッド層(2)よりも実効的なバンドギャップエネルギーの小さい材料及び構造からなる

活性層(3)と、該活性層(3)上に配置された、上記第1導電型クラッド層(2)と同じ半導体材料からなる第1の第2導電型クラッド層(4)と、該第1の第2導電型クラッド層(4)上に配置された、該第1の第2導電型クラッド層(4)をエッチングするエッチング液に対して、上記第1の第2導電型クラッド層(4)よりもエッチングレートの低い半導体材料からなる第2導電型エッチングストップ層(5)と、該第2導電型エッチングストップ層(5)上に配置された上記第1の第2導電型クラッド層(4)と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型クラッド層(6)およびその上に配置された第1の第2導電型コンタクト層(7)で形成された、くびれ部のない逆メサ形状のリジストライブ構造(19)と、該リジストライブ構造(19)を埋め込むよう配置された第1導電型電流ブロック層(12)と、該第1導電型電流ブロック層(12)上、および上記第1の第2導電型コンタクト層(7)上に配置された、第1の第2導電型コンタクト層(7)と同じ半導体材料からなる第2の第2導電型コンタクト層(13)とを備える構成としたものであり、これにより、その最も活性層(3)に近い部分の共振器長方向と直交する方向の幅が、その他の部分の幅と比べて最も狭くなっている逆メサ形状のリジストライブ構造(19)を備えた半導体レーザを提供できる作用効果がある。

【0033】

【実施例】

実施例1. 図1は本実施例1の半導体レーザの構造を示す斜視図であり、図において、1はn型(以下、n-と称す)GaAs半導体基板、2は該基板1の(100)面上に形成された厚さが1.5~2 $\mu$ mであるn-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(x=0.5)下クラッド層、3は下クラッド層2よりも実効的なバンドギャップエネルギーが小さい活性層で、例えば、厚さが10nmでアルミ組成比vが0.05~0.15である3層のAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pウェル層(図示せず)の各層の間に、厚さが10nmでアルミ組成比wが0.2~0.35であるAl<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>Pバリア層(図示せず)を挟み込んでなる5層の積層構造を、厚さが35nmで上記バリア層と同じ組成の材料からなる2層の光ガイド層(図示せず)で挟み込んでなる量子井戸構造活性層等が用いられる。また、AlGaAs以外のその他の材料としてInGaAsを用いて活性層を構成するようにしてもよい。4は厚さが0.2~0.5 $\mu$ mであるp型(以下、p-と称す)Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(x=0.5)第1上クラッド層、5は厚さが約200 $\text{\AA}$ のストロームであるp-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(y=0.7)エッチングストップ層、6は厚さが1.0~2.0 $\mu$ mであるp-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(x=0.5)第2上クラッド層、7は厚さが0.5~1 $\mu$ mであるp-GaAs第1コンタクト層で、上記第2上クラッド層6と第1コンタクト層7とは半導体レーザの共振器長方向に伸び

るリジストライブ構造19を形成しており、その共振器長方向に垂直な面における断面形状は逆メサ形状となっている。12は該リジストライブ構造19を埋め込むように形成された上記活性層3の実効的なバンドギャップエネルギーよりもバンドギャップエネルギーが大きい半導体材料からなるn型電流ブロック層で、本実施例1では特にn-GaAs電流ブロック層を用いている。13は厚さ2~3 $\mu$ mのp-GaAs第2コンタクト層、14はp側電極、15はn側電極をそれぞれ示す。

【0034】また、図2は本実施例1の半導体レーザの製造方法を示す断面工程図であり、図において、図1と同一符号は同一又は相当する部分を示しており、8は絶縁膜からなるリジマスク、9はリジストライブ構造、9cはリジストライブ構造9の折れ曲がり部、すなわちくびれ部分である。

【0035】次に動作について説明する。p側電極14側に正、n側電極15側に負となるように電圧を印加すると、電子はp-GaAs第2コンタクト層13、p-GaAs第1コンタクト層7、p-第2上クラッド層6、p-第1上クラッド層4を経て量子井戸活性層3へ、また電子はn-GaAs半導体基板1、n-上クラッド層2を経て量子井戸活性層3にそれぞれ注入され、電子とホールの再結合が発生し、活性層3内で誘導放光が生ずる。そしてキャリアの注入量を十分高くして導波路の損失を越える光が発生すればレーザ発振が生じる。本実施例1の半導体レーザにおいては、ストライプ状のリジ構造19に隣接するn-GaAs電流ブロック層12に覆われている領域では、n-GaAs電流ブロック層12がp-Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As(x=0.5)第1上クラッド層4とp-GaAs第2コンタクト層13との間でそれぞれpn接合を形成しており、p側電極14側を正となるよう電圧を印加しても、リジ構造9以外の領域ではpnp接合を形成しており電圧の印加方向が逆バイアスとなるため電流は流れず、リジ構造19直下の領域の量子井戸活性層3のみに電流は集中し、レーザ発振するために十分な電流密度に達する。またn-GaAs電流ブロック層12は量子井戸活性層3で発したレーザ光を吸収する性質がある。これは電流ブロック層12の材料であるGaAsのバンドギャップエネルギーが活性層3の実効的なバンドギャップエネルギーより小さくなるよう設計されているからである。このため、リジ構造19の両脇ではレーザ光は強い吸収を受けるため、リジ構造19の近傍のみにレーザ光も集中し、この結果、半導体レーザの動作特性の中で重要な水平横モードも安定に単峰の形状となる。

【0036】次に本実施例1の半導体レーザの製造方法について説明する。まず、ウエハ状のn-GaAs半導体基板1の(100)面上に、n-下クラッド層2、活性層3、p-第1上クラッド層4、p-エッチングストップ層5、p-第2上クラッド層6、p-GaAs第1



コンタクト層7の各層をエピタキシャル結晶成長する。この成長方法としてはMOCVD法等が用いられる。成長後のウエハの断面図を図2(a)に示す。

【0037】この第1コンタクト層7上に図2(b)のように、逆メサ形状のリジストライプ構造を形成可能な方向、例えば[011]方向に伸びるストライプ状のリジマスク8を形成する。材質としては $\text{Si}_3\text{N}_4$ 、 $\text{SiO}_2$ 等の絶縁膜が用いられ、そのレーザ共振器長方向と垂直な方向（以下レーザ共振器幅方向と称す）の幅は約 $8\mu\text{m}$ である。なお、このリジマスク8のレーザ共振器幅方向の幅は半導体レーザの仕様に応じて調整される。このリジマスク8はリッジ構造を形成する際のエッチングのマスクとして機能し、このリジマスク8の伸びる方向がレーザ共振器長方向となる。次に、図2(c)に示すように、このリジマスク8をマスクとして逆メサ形状のリッジ構造が形成されるよう第1のエッチングを行う。この第1のエッチングにおいては $\text{p-GaAs}$ 第1コンタクト層7、 $\text{p-AlGaAs}$ ( $x=0.5$ )第2クラッド層6はエッチングできるが、 $\text{p-AlGaAs}$ ( $y=0.7$ )エッチングストップ層5はエッチングされないような選択エッチャントを用いたウエットエッチングを行うことにより、再現性よく、リッジ構造9が形成できる。このようなエッチャントの例として酒石酸と過酸化水素の混合液が挙げられる。このエッチングはエッチングストップ層5の表面が露出するまで行われ、このリジストライプ構造9は、上述した従来の半導体レーザのリジストライプ構造と同様の、エッチングストップ層5に近い下部においてリッジ側壁にリッジ構造の内側に向かって突出した折れ曲がり部9cが形成されている構造、即ちくびれ部分を備えた構造となっており、その折れ曲がり部9cの上部においてはエッチングストップ層5に近づくにしたがってレーザ共振器幅方向の幅（以下リッジ幅と称す）が狭くなっている逆メサ形状で、その下部のエッチングストップ層5に近い部分においては、エッチングストップ層5に近づくにつれてリッジ幅が広がっている形状であるリッジ構造となっている。

【0038】次にエッチングストップ層5にエッチングが到達してから、更にエッチングストップ層5に対してエッチングレートが低いという選択性を有するエッチャントを用いてリッジ構造9のリッジ側面に対して第2のエッチングを行う。このようなウエットエッチングは一般にオーバーエッチングと呼ばれる。このオーバーエッチングを所定の時間だけ行うことにより、上記リッジ構造9の下部の、活性層3やエッチングストップ層5に近づくにつれて幅が広がっている部分を、エッチングストップ層5に対して選択的にエッチングして、リッジ側面と、このリッジ側面と接する上記オーバーエッチングにより露出したエッチングストップ層5の表面とのなす角度を鋭角とすることができ、活性層3に近づくにつれ

てリッジ幅が狭くなっている完全な逆メサ形状のリジストライプ構造19を形成することができる。例えば、この選択エッチングのエッチャントとして酒石酸(50%wt):過酸化水素(31%wt)=4:1の混合液を用いる場合は2.5分以上のオーバーエッチングを行うことにより、図2(d)に示すような、完全な逆メサの形状を呈したリッジ構造19が形成できる。なお、このオーバーエッチングの時間はリジマスク8の幅に応じて調整される。

【0039】このようなオーバーエッチングにより完全な逆メサ形状のリッジ構造19が形成されるのは、リジマスク8のストライプ方向が逆メサ形状が形成可能な方向に形成されている場合、完全な逆メサ形状を有するリッジ構造のリッジ側面となる面に対するエッチングレートに対して、その他の面をエッチングするエッチングレートの方が非常に高く、リッジ構造9下部の逆メサ形状となっていない部分のリッジ側面が、高いエッチングレートで選択的にエッチングされるからである。なお、このオーバーエッチングの間は、基板1に対して垂直方向のエッチングはエッチングストップ層5で完全に止まっているため、オーバーエッチングは基板1の一主面と平行な横方向のみに進むことになり、完全な逆メサ形状のリッジ構造19を形成するのに十分な時間のオーバーエッチングを行うことができる。

【0040】なお、上記リッジ9を形成する際の第1のエッチングのエッチング液として、上記のオーバーエッチングに用いたエッチング液を使用するようにしてもよく、このような場合には、第1のエッチングから第2のエッチングへのエッチングの切替をなくして、製造工程を容易にすることができる。

【0041】続いて、図2(e)のように、再結晶成長によりリッジ構造19以外の箇所を $\text{n-GaAs}$ 電流ブロック層12で埋め込む。リッジ構造19はリジマスク8が結晶成長時のマスクともなるため、この上には結晶成長しない。

【0042】最後にウエットあるいはドライエッチングによりリジマスク8を除去した後、図2(f)に示すように、さらに $\text{p-GaAs}$ 第2コンタクト層13を結晶成長し、 $\text{n-GaAs}$ 半導体基板1の裏面側に $\text{n}$ 側電極15、 $\text{p-GaAs}$ 第2コンタクト層13上に $\text{p}$ 側電極14を形成し、リジストライプ構造9の伸びる方向に対して垂直にへき開をおこないレーザ共振器端面(図示せず)を形成することにより、図1に示すような半導体レーザが完成する。

【0043】この半導体レーザの、リッジ構造19は活性層3に近づくにしたがってその幅が小さくなっている完全な逆メサ形状であるため、リッジ構造19で最も細い部分はリッジボトム部分となり、リッジ構造19のそれ以外の部分はリッジボトム幅よりひろくなっている。そのため、図3に示すような、エッチングストップ層が

露出した時点でリッジ構造を形成するためのエッチングを終えてしまう従来の半導体レーザの製造方法により形成された半導体レーザにおいて問題になった、リッジ構造9の折れ曲がり部9c、すなわちくびれ部分が最もリッジ幅の狭い部分となっていたことに起因するリッジ構造9の高抵抗化という問題が生じないので、リッジ構造19を高抵抗化させることなく、リッジボトム幅を狭くすることができ、優れた高出力特性を有する逆メサ形状のリッジ構造を備えた半導体レーザを容易に得ることが可能となる。

【0044】 以上のように、本実施例1においては、基板1上に下クラッド層2、活性層3、第1上クラッド層4、エッチングストップ層5、第2上クラッド層6、第1コンタクト層7を順次形成し、この第1コンタクト層7上にストライプ形状のリッジマスク8を形成し、これをマスクとして上記エッチングストップ層5の表面が露出するまで、上記エッチングストップ層5に対してエッチングレートの遅いエッチング液を用いて、エッチングストップ層5が露出するまで上記第1コンタクト層7と第2上クラッド層6とをエッチングしてリッジ構造9を形成した後、さらに、上記エッチングストップ層5に対するエッチングレートが上記第2上クラッド層6に対するエッチングレートと比べて十分に遅いエッチング液により上記リッジ構造9をエッチングしてリッジ構造19を形成するようにしたから、活性層3に近づくにしたがってそのリッジ幅が小さくなっている逆メサ形状のリッジ構造を備えた半導体レーザを得ることができ、優れた高出力特性を有する逆メサ形状のリッジ構造を備えた半

導体レーザを容易に得ることができる効果がある。

【0045】 なお、上記実施例1においては、基板1としてn型の基板を用いた場合について説明したが、本発明はp型の基板を用いた場合においても適用できるものであり、このような場合においても上記実施例1と同様の効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

【図1】 この発明の実施例1による半導体レーザの構造を示す断面図である。

【図2】 この発明の実施例1による半導体レーザの製造方法を示す断面工程図である。

【図3】 従来の半導体レーザの構造を示す断面図である。

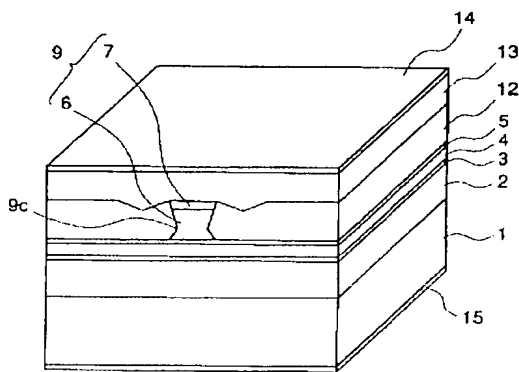
【図4】 従来の半導体レーザの製造方法を示す断面工程図である。

【図5】 従来の半導体レーザの製造方法の主要工程を説明するための拡大斜視図である。

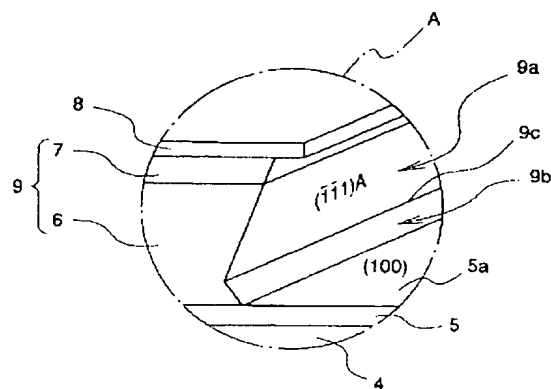
【符号の説明】

1 n-GaAs半導体基板、2 n-Al<sub>1-x</sub>Ga<sub>x</sub>As(x=0.5)下クラッド層、3 活性層、4 p-Al<sub>1-y</sub>Ga<sub>y</sub>As(y=0.7)第1上クラッド層、5 p-Al<sub>1-z</sub>Ga<sub>z</sub>As(z=0.5)エッチングストップ層、6 p-Al<sub>1-w</sub>Ga<sub>w</sub>As(w=0.5)第2上クラッド層、7 p-GaAs第1コンタクト層、8 リッジマスク、9、19 リッジストライプ構造、9a リッジ側面上部、9b リッジ側面下部、9c 折れ曲がり部、12 n-GaAs電流ブロック層、13 p-GaAs第2コンタクト層、14 p側電極、15 n側電極。

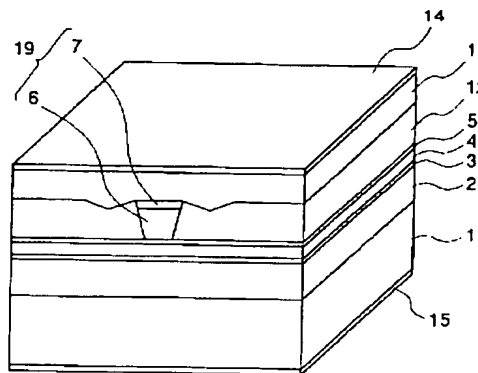
【図3】



【図5】

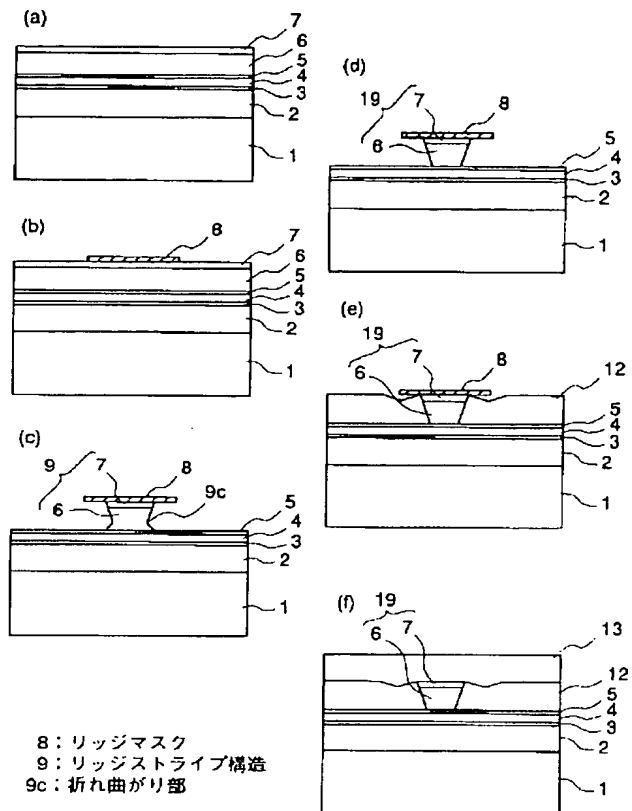


【図1】



- 1: n-GaAs半導体基板
- 2: n-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x=0.5)下クラッド層
- 3: 活性層
- 4: p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x=0.5)第1上クラッド層
- 5: p-Al<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As(y=0.7)エッチングストップ層
- 6: p-Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As(x=0.5)第2上クラッド層
- 7: p-GaAs第1コンタクト層
- 12: n-GaAs電流ブロック層
- 13: p-GaAs第2コンタクト層
- 14: p側電極
- 15: n側電極
- 19: リッジストライプ構造

【図2】



- 8: リッジマスク
- 9: リッジストライプ構造
- 9c: 折れ曲がり部

【図4】

